

UJI SIFAT MEKANIK PAPAN KOMPOSIT BERBAHAN TONGKOL JAGUNG DAN SERAT BATANG PISANG

Yusriani, Sahara, Muh. Said Lanto*

Jurusan Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 63, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92113

*E-mail: muhammad.saidlanto@uin-alauddin.ac.id

Abstrak Kekayaan alam berupa serat alam yang ada di Indonesia sangat berlimpah dan beberapa dari serat alam tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai pengisi dalam pembuatan papan komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik papan komposit berbahan dasar serat bongkol jagung dan batang pisang serta umengetahui apakah papan yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu SNI 03-2105-2006. Penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu mempersiapkan bahan baku yang akan digunakan kemudian membuat papan komposit berukuran $25 \times 25 \times 1 \text{ cm}^3$. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung, serat batang pisang dan resin epoksi. Alat yang digunakan untuk membuat papan adalah *hotpress*. Temperatur yang digunakan pada saat pembuatan papan adalah 180°C dengan waktu 15 menit pada tekanan 25 kg/cm^3 . Ada dua pengujian papan komposit, yaitu pengujian kelenturan elastik (*modulus of elasticity*) dan pengujian kelenturan patah (*modulus of rupture*). Hasil yang diperoleh adalah modulus elastisitas (MOE) $(10127,08-1295,20) \text{ kg/cm}^2$, dan *modulus of rapture* (MOR) $(132,53-176,50) \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan data tersebut, uji modulus elastisitas tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Hal ini kemungkinan karena ukuran partikel yang digunakan dalam pembuatan papan partikel masih besar yaitu berukuran 18 mesh.

Kata Kunci: papan komposit; resin epoksi; serat batang pisang; tongkol jagung

Abstract: Natural wealth in the form of natural fibers in Indonesia is very abundant and some of these natural fibers have the potential to be used as fillers in the manufacture of composite boards. This study aims to determine the mechanical properties of a composite board made from corn cobs and banana stem fibers and to determine whether the resulting board meets the quality standards of SNI 03-2105-2006. This research was conducted by first preparing the raw materials to be used and then making a composite board measuring $25 \times 25 \times 1 \text{ cm}^3$. The raw materials used in this study were corn cobs, banana stem fiber and epoxy resin. The tool used to make the board is a hotpress. The temperature used during the manufacture of the board was 180°C with a time of 15 minutes at a pressure of 25 kg/cm^3 . There are two tests of composite boards, namely the elastic flexural test (modulus of elasticity) and the fracture flexural test (modulus of rupture). The results obtained are the modulus of elasticity (MOE) $(10127.08-1295.20) \text{ kg/cm}^2$, and the modulus of rapture (MOR) $(132.53-176.50) \text{ kg/cm}^2$. Based on these data, the modulus of elasticity test does not meet the standards of SNI 03-

2105-2006. This is probably because the particle size used in the manufacture of particleboard is still large, which is 18 mesh.

Keywords: banana stem fiber; composite board; corncob; epoxy resin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara menjadi penghasil kayu terbesar dan terbaik di dunia. Saat ini, kebutuhan manusia akan bahan bangunan terus mengalami peningkatan termasuk kayu. Di Indonesia, industri perkayuan diperkirakan membutuhkan kayu setiap tahunnya sekitar 70 juta m³. Kebutuhan industri perkayuan tersebut selalu mengalami kenaikan setiap tahun sedangkan produksi kayu bulat setiap tahun diperkirakan hanya sebesar 25 juta m³.

Kayu yang digunakan untuk bahan bangunan biasanya diperoleh dari hutan. Namun, seiring dengan meningkatnya kebutuhan kayu tersebut akan memberikan dampak buruk terhadap hutan karena bahan yang tersedia akan terus berkurang dan dapat mengakibatkan hutan menjadi gundul sehingga bisa menimbulkan bencana alam tertentu seperti banjir dan tanah longsor. Oleh karena itu, permasalahan tersebut harus ditanggulangi dengan baik tanpa harus mengurangi kebutuhan konsumen agar tidak terjadi kerusakan hutan yang berkelanjutan.

Salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk memenuhi kebutuhan kayu masyarakat yang sangat tinggi, yaitu pembuatan papan komposit. Papan komposit sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, merupakan perpaduan dari dua material atau lebih dengan perbedaan sifat fisik maupun sifat kimia dan masing-masing komponen pembentuknya masih bisa dibedakan secara jelas di dalam produk akhirnya. Penyusun utama dari komposit ada dua, yaitu pengisi (*filler*) dan matriks yang berfungsi sebagai perekat. Saat ini, penggunaan material komposit cukup pesat karena sifat komposit yang ringan, ketahanan kimia dan korosi yang baik. Saat ini, jenis komposit yang banyak dikembangkan yaitu komposit serat karena bahannya banyak tersedia di alam dan ramah lingkungan.

Komposit adalah penggabungan dari dua bahan atau lebih untuk menghasilkan suatu bahan dengan kualitas yang lebih baik. Secara makroskopis bahan pembentuk komposit masih dapat dibedakan dan kedua bahan tersebut saling memengaruhi sehingga menghasilkan sifat-sifat yang lebih baik dari bahan bakunya (Groover, 1996). Bahan komposit adalah suatu sistem material yang tersusun dari campuran dua atau lebih unsur-unsur utama, dimana masing-masing unsur penyusunnya memiliki sifat yang berbeda (Schwartz, 1984). Sifat dan distribusi unsur penyusun komposit, serta interaksi antar keduanya sangat berpengaruh terhadap sifat bahan komposit. Begitupun dengan bentuk, ukuran orientasi, dan distribusi dari penguat (*filler*) dan berbagai ciri-ciri dari matriks juga merupakan parameter penting lain yang memengaruhi bahan komposit. Komposit berpenguat serat memiliki peran utama untuk memberikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan, menjaga permukaan serat dari efek mekanik dan kimia, dan memindahkan tegangan (*stress*) antara serat. Sementara kontribusi serat sebagian besar berpengaruh pada kekuatan tarik (*tensile strength*) bahan komposit (Ojahan, 2015).



Gambar 1. Papan komposit

Komposit dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa karakter, yaitu antara lain berdasarkan matriks yang dibedakan menjadi 3 macam yaitu: (a) Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composites*), yaitu material komposit yang paling banyak digunakan, dibedakan menjadi dua, yaitu termoplastik dan *thermoset*. Perbedaan dari kedua bahan tersebut yaitu, termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang. Jenis-jenis termoplastik yang banyak digunakan diantaranya, *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), dan *Polyethylene* (PET) (Muwardi & Lubis, 2018); (b) Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composites*), yaitu komposit yang menggunakan logam sebagai matriks. Kelebihan *Metal Matrix Composites* (MMC) diantaranya, yaitu transfer tegangan dan regangan yang baik, tidak menyerap kelembapan, tidak mudah terbakar, kekuatan tekan dan geser yang baik dan memiliki ketahanan aus dan muai termal yang baik (Sari, 2019); dan (c) Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composites*), yaitu komposit dengan material dua fasa, yaitu satu fasa sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks, dimana matriks yang digunakan terbuat dari keramik (Muwardi & Lubis, 2018). Komposit juga dapat dibedakan berdasarkan penguatnya. Menurut Sari (2019), berdasarkan penguat yang digunakan, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu: (a) Komposit partikel; (b) Komposit serat; dan (c) Komposit struktur.

Kekayaan alam berupa serat alam yang ada di Indonesia sangat berlimpah dan beberapa dari serat alam tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai pengisi dalam pembuatan papan komposit. Hal ini dikarenakan kandungan selulosa dari serat alam yang cukup tinggi sehingga dapat menghasilkan papan komposit berkualitas. Contoh serat alam yang bisa digunakan yaitu tongkol jagung dan serat batang pisang. Tongkol jagung dan serat batang pisang merupakan jenis serat alam yang sangat melimpah. Bahan-bahan tersebut merupakan limbah *lignoselulostik*, yaitu limbah pertanian yang mengandung *selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin*. Tongkol jagung dan serat batang pisang merupakan jenis serat alam yang pemanfaatannya belum optimal, padahal bahan tersebut memiliki potensi yang bagus untuk dijadikan sebagai bahan pengisi komposit karena mengandung selulosa yang cukup tinggi. Tongkol jagung mengandung selulosa sekitar 41% dan batang pisang sekitar 60-65%.

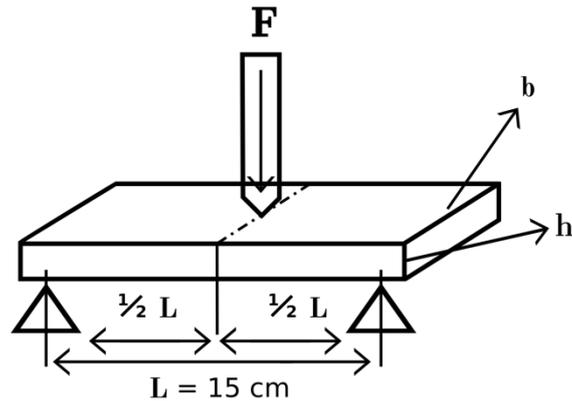
Penelitian mengenai papan komposit telah banyak dilakukan sebelumnya, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Simanullang & Sijabat (2021). Pada penelitian tersebut menggunakan tongkol jagung sebagai bahan pengisi papan komposit dengan jenis perekat yang digunakan yaitu epoxy. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut, yaitu pada komposisi tongkol jagung dan perekat epoxy dengan perbandingan 60% : 40% menunjukkan bahwa sifat mekanik papan komposit yang diperoleh bagus.

Data yang diperoleh dari penelitian ini yaitu modulus patah (MOR) berkisar antara 54,23 kg/cm² sampai 87,56 kg/cm², modulus elastisitas (MOE) berkisar antara 19232,12 kg/cm² sampai 24483,32 kg/cm², dan nilai sekrup tarik berkisar antara 32,12 kg/cm² sampai 63,45 kg/cm², dan nilai kekuatan tekan berkisar antara 2,32 kg/cm² sampai 4.41 kg/cm².

Penelitian lain juga dilakukan oleh Kosim et al. (2017), dengan menggunakan bahan pengisi serat batang pisang dan serat sabut kelapa. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu, pada pengujian sifat fisis diperoleh nilai kerapatan berkisar antara 0,5441 gr/cm³ sampai 0,7497 gr/cm³ dan kadar air berkisar antara 10,56% sampai 13,945. Sedangkan pada pengujian sifat mekanik diperoleh nilai MOR berkisar antara 3843,44 kg/cm² sampai 7472,30 kg/cm² dan nilai modulus elastisitas berkisar antara 15981,3 kg/cm² sampai 27243,74 kg/cm². Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian ini, menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanik papan komposit serat batang pisang dan serat sabut kelapa telah memenuhi standar yang digunakan yaitu SNI 03-2105-2006. Berdasarkan uraian latar belakang, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan kelayakan komposit yang berbahan dasar tongkol jagung dan serat batang pisang. Diharapkan dari penelitian ini bisa diperoleh komposit yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006 sehingga bisa menjadi salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk memenuhi kebutuhan kayu masyarakat.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, alat yang digunakan adalah *hotpress*, neraca digital, *universal testing machine*, plat seng, mistar, jangka sorong, mikrometer sekrup, mesin ayakan, oven, cetakan, *aluminium foil* dan wadah (baskom). Sedangkan bahan yang digunakan, yaitu tongkol jagung, serat batang pisang dan resin epoxy. Pada penelitian ini yang terlebih dahulu dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan yang digunakan. Kemudian menggiling bahan yang telah dikeringkan sebelumnya menggunakan alat *disk mill* lalu diayak menggunakan alat *shake siever* dengan saringan berukuran 18 mesh. Selanjutnya menimbang bahan yang telah diayak sesuai komposisi yang telah ditentukan yaitu perbandingan antara tongkol jagung dan serat batang pisang masing-masing sebanyak (30:30)%, (45:15)%, (15:45)%, (60:0)% dan (0:60%) dengan perekat epoxy masing-masing 40% dengan massa total setiap sampel yaitu 437,5 gram. Setelah itu, mencampur bahan sesuai komposisi sampai rata, lalu masukkan ke dalam cetakan berukuran (25 × 25 × 1) cm³. Sampel yang telah dicetak kemudian dikempa panas menggunakan alat *hotpress*. Sampel dikempa dengan suhu 180°C selama 15 menit dengan tekanan 25 kg/cm³. Setelah itu sampel didiamkan selama ± 2 minggu, kemudian dipotong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Setelah itu, melakukan pengujian sampel meliputi uji modulus elastisitas (MOE) dan uji modulus patah (MOR) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengujian MOE dan MOR

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah yang dihasilkan pada produksi jagung yang memiliki kandungan *selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin* dengan perbandingan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Bahan selulosa yang terkandung pada tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai pengisi alternatif karena sifat seratnya yang memiliki modulus tinggi (kuat) sehingga menghasilkan struktur yang *kristalin*. Selain itu, hidrasi molekul pada daerah kristal dapat dicegah oleh kekakuan pada rantai selulosa. Keunggulan lain yang dimiliki oleh selulosa yaitu dapat digunakan sebagai pengisi *poliepropilen* yang merupakan salah satu modifikasi dari polimer sintetik untuk menghasilkan komposit yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik (Hairiyah, 2016).

Tabel 1. Komposisi kimia tongkol jagung

Kandungan	Kadar (%)
Selulosa	41
Hemiselulosa	36
Lignin	16
Air dan lainnya	7

Sumber: Fachry, 2013

Pisang merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan serat yang cukup tinggi pada batangnya, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Serat batang pisang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 dapat digunakan sebagai pengisi pada pembuatan papan komposit dengan menggunakan variasi panjang serat dan fraksi volume serat (Boimau, 2010). Serat batang pisang merupakan jenis serat yang berkualitas baik serta memiliki potensial alternatif yang baik untuk dijadikan sebagai *filler* pada pembuatan papan komposit. Di samping itu, ketersediaan pohon pisang di Indonesia sangat berlimpah sehingga serat pohon pisang dapat diperoleh dengan mudah (Supratiningsih, 2012).



Gambar 3. Serat batang pisang

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran sifat mekanik bahan untuk selanjutnya dibandingkan dengan nilai SNI sehingga bisa diketahui tingkat kelayakan komposit yang dibuat dari tongkol jagung dan serat batang pisang. Sifat mekanik bahan yang diukur, meliputi:

1. Modulus elastisitas/ *Modulus of Elasticity* (MOE) yaitu nilai yang menunjukkan kekakuan suatu benda yang menjadi ukuran terhadap kemampuan satu benda dalam menahan perubahan bentuk atau lenturan yang terjadi akibat pembebanan (Desi, 2016). Menurut Handayani (2016), besarnya nilai modulus elastisitas papan komposit dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta Ybd^3} \quad (1)$$

Keterangan:

MOE : Modulus Elastisitas (kg/cm^2)

ΔP : Perubahan beban yang diberikan (kg)

ΔY : Perubahan defleksi setiap perubahan beban (cm)

L : Jarak sangga (cm)

b : Lebar sampel uji (cm)

d : Tebal sampel uji (cm)

2. Modulus patah/ *Modulus of Rupture* (MOR) yaitu kemampuan suatu benda untuk menahan beban yang diberikan sampai mencapai titik maksimum (patah). Menurut Fauziah et al. (2014), nilai MOR papan komposit dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

Keterangan:

MOR : Modulus patah (kg/cm^2)

P : Berat beban maksimum (kg)

L : Jarak sangga (cm)

b : Lebar sampel uji (cm)

d : Tebal sampel uji (cm)

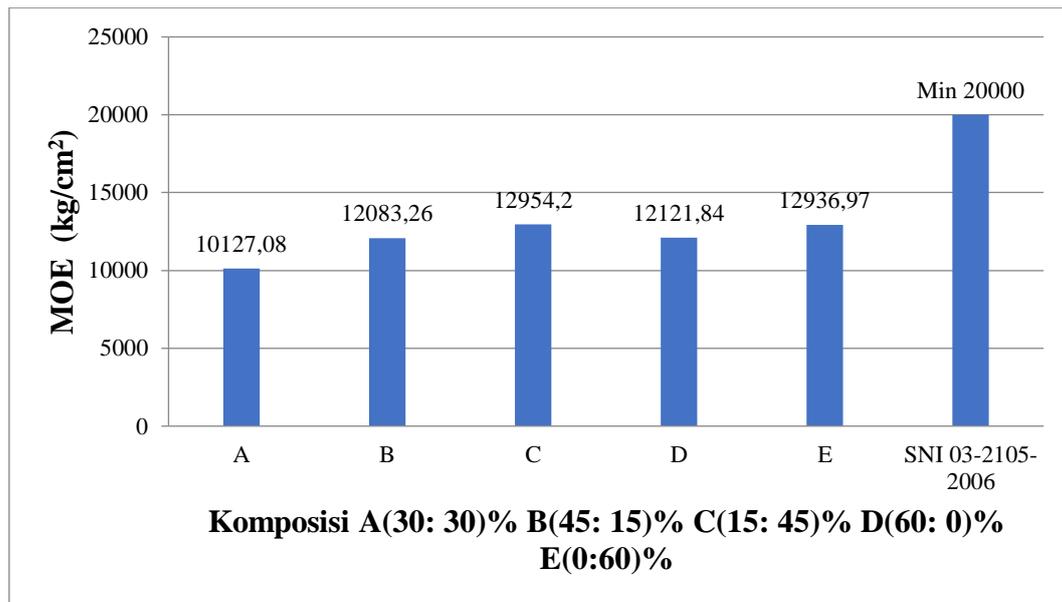
Menurut Kosim et al. (2017), berdasarkan standar SNI 03-2105-2006, spesifikasi sifat-sifat papan komposit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi sifat-sifat fisis dan mekanik material menurut standar SNI 03-2105-2006

No	Sifat dan Satuan	Nilai Standar
1	Pengembangan tebal (%)	Maks 12
2	Modulus elastisitas (MOE) (kg/cm ²)	Min 20000
3	Kerapatan (gr/cm ³)	0,4-0,9
4	Kuat rekan internal (IB)	Min 1,5
5	Modulus patah (MOR) (kg/cm ²)	Min 80
6	Kadar air (%)	<14
7	Kuat impact (kg/cm ²)	Min 30

A. Uji modulus elastisitas (MOE)

Modulus of Elasticity (MOE) adalah kemampuan papan untuk menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai mencapai batas elastisitasnya. Pengujian modulus elastisitas dilakukan dengan cara terlebih dahulu mengukur tebal dan lebar sampel pada tiga titik, yaitu pada dua titik sangga dan titik pembebanan. Setelah itu, meletakkan papan pada mesin uji universal (*Universal Testing Mechine*) dengan jarak sangga (L) 15 cm, kemudian memberikan beban pada bagian tengah sampel dengan kelipatan 1,0 kg, 2,0 kg, 3,0 kg dan seterusnya sampai batas titik elastisitas papan komposit. Secara teori prinsip kerja dari *Mesin Testing Universal* (UTM), yaitu ada beberapa parameter yang harus dikontrol saat pengukuran seperti jarak sangga (L), tebal sampel (h), lebar sampel (b).



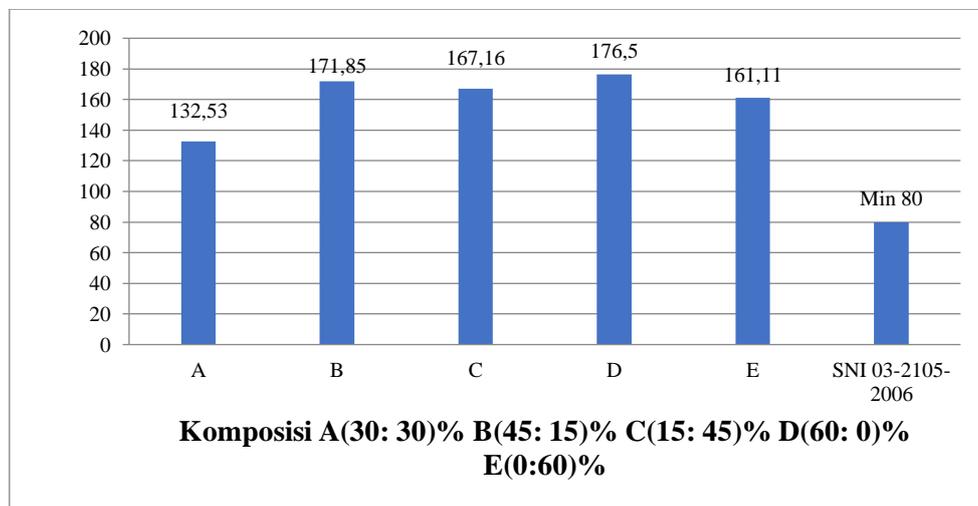
Gambar 4. Hubungan antar komposisi papan komposit dengan nilai MOE

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas yang diperoleh berkisar antara 10127,08 kg/cm² sampai 12954,20 kg/cm². Papan komposit sampel C dengan perbandingan komposisi (15:45)% memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi sedangkan papan komposit sampel A dengan perbandingan (30:30) % memiliki nilai modulus elastisitas terendah. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi serat batang pisang yang digunakan, maka nilai modulus elastisitas yang diperoleh semakin tinggi, seperti pada sampel C yang terdiri dari serat batang pisang sebanyak 45% dengan campuran tongkol jagung sebanyak 15% dan sampel E yang terdiri dari serat batang pisang sebanyak 60% tanpa ada campuran tongkol jagung.

Pada pengujian nilai modulus elastisitas semua sampel tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang dipersyaratkan, yaitu min 20000 kg/cm². Hal ini kemungkinan disebabkan karena ukuran partikel yang digunakan masih besar, yaitu berukuran 18 mesh. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Ady & Apriani (2021), dengan menggunakan bahan tongkol jagung dan perekat epoxy dengan ukuran partikel 60 mesh diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas papan komposit dengan komposisi (60:40)% telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu sebesar 24483,32 kg/cm². Berdasarkan penelitian tersebut dapat dilihat bahwa ukuran partikel yang digunakan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas (MOE).

B. Uji modulus patah (MOR)

Modulus patah/*Modulus of Rupture* (MOR) merupakan kemampuan suatu benda untuk menahan beban yang diberikan sampai mencapai titik maksimum (patah). Pengujian MOR dilakukan dengan melanjutkan pengujian MOE menggunakan sampel uji yang sama sampai sampel uji mencapai titik maksimum/patah. Berdasarkan Gambar 5 dapat ditunjukkan bahwa nilai MOR yang diperoleh berkisar antara 132,53 kg/cm² sampai 176,50 kg/cm². Papan komposit sampel D dengan perbandingan komposisi (60:0)% memiliki nilai MOR tertinggi sedangkan papan komposit sampel A dengan perbandingan komposisi (30:30)% memiliki nilai MOR terendah karena hanya mampu menahan beban terendah jika dibandingkan dengan empat papan lainnya. Dari Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa ketika komposisi serat batang pisang yang digunakan bertambah maka nilai MOR akan menurun. Hal ini dapat dilihat pada sampel A, sampel C dan sampel E. Berdasarkan data yang diperoleh, semua perbandingan papan komposit telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006, yaitu minimal 80 kg/cm².



Gambar 5. Hubungan antara perbandingan komposisi dengan nilai MOR

KESIMPULAN

Pengujian pada penelitian ini diperoleh nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) berkisar antara 10127,08 kg/cm² sampai 12954,20 kg/cm² dan untuk pengujian nilai *Modulus of Rupture* (MOR) diperoleh nilai berkisar antara 132,53 kg/cm² sampai 176,50 kg/cm². Berdasarkan data tersebut, pada pengujian modulus elastisitas diperoleh nilai yang tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Hal ini kemungkinan disebabkan karena ukuran partikel yang digunakan masih cukup besar, yaitu berukuran 18 mesh.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, E. (2017). Analisis pengaruh variasi komposisi bahan limbah dari serat kelapa muda, batang pisang, dan kertas bekas terhadap kekuatan bending sebagai papan komposit. *Jurnal Engine*, 1(2), 38-46. <http://dx.doi.org/10.30588/jeemm.v1i2.259>.
- Boimau, K. (2010). Pengaruh fraksi volume dan panjang serat terhadap sifat bending komposit poliester yang diperkuat serat batang pisang. *Seminar Tahunan Nasional Teknik Mesin*, 49-52.
- Desi, S. N. (2016). Uji Kualitas Material Papan Komposit Bahan dari Serat Kayu dan Kertas dengan Perekat Limbah Plastik. [Skripsi]. Makassar: Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Fachry, A. R., Astuti, P., & Puspitasari, T. G. (2013). pembuatan bioetanol dari limbah tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam klorida dan waktu fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 60-69.
- Hairiyah, N., & Nuryati. (2016). Mikrokomposit dari tongkol jagung dan plastik polypropylyene. *Prosiding SNRT*, 1-8.
- Handayani, A. (2016). Uji Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit dari Campuran Serat Bambu dan Serbuk Gergaji dengan Perekat *Polyester*. [Skripsi]. Makassar: UIN Alauddin Makassar.
- Kosim, K., Wahyudi, W., Susilawati., S., & Doyan, A. (2017). Sifat mekanik papan komposit berbahan dasar serat sabut kelapa dan serat batang pisang. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 3(2), 207-215. <http://dx.doi.org/10.29303/jpft.v3i2.413>.
- Maloney. (1993). *Modern Particle Board and Dry Process Fiber Board Manufacturing*. San Fransisco: Miller Freeman, Inc.
- Matthews, F. L. (1999). *Composite Material: Engineering and Science*. England: Woodhead Limited Publishing.
- Mawardi, I. & Hasrin, L. (2018). *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit Edisi Revisi*. Yogyakarta: Andi.
- Muhamad, S., Marwanto., Maulana, M. I., Maulana, S., Fatrawana, A., Hidayat, W., Sari, R. K., & Febrianto, F. (2019). Sifat fisis dan mekanis papan partikel hibrida dari kayu cepat tumbuh dan bambu dengan perlakuan perendaman panas. *Jurnal Ilmu Teknol. Kayu Tropis*, 17(1). 47-57. <https://doi.org/10.51850/jitkt.v17i1.460>.
- Muralikrishna, M. V. V., Kumari, T. S. A. S., Gopi, R., & Loganathan, G. B. (2019). Development of mechanical properties in banana fiber composite. *Materials Today: Proceedings*, 22, 541-545.
- Nasution, W. M., & Mora. (2018). Analisis pengaruh komposisi ampas tebu dan tempurung kelapa terhadap sifat fisis dan mekanis komposit papan partikel perekat resin epoksi. *Jurnal Fisika Unand*, 7(2), 117-123. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.2.117-123.2018>.
- Ojahan, T. R., & Aditia, H. (2015). Analisis fraksi volume serat pelepah batang pisang bermatriks *unsaturated resin polyester* (UPR) terhadap kekuatan tarik dan SEM. *Jurnal Mechanical*, 6(1): 43-48. <http://dx.doi.org/10.23960/mech.v6.i1.201506>.
- Saduk, M. R. F., & Niron, F. P. (2018). Kajian sifat tarik serat pelepah lontar dengan *singular fiber tensile testing method*. *Jurnal METTEK*, 4(1), 8-15. <https://doi.org/10.24843/mettek.2018.v04.i01.p02>.
- Sari, N. H. (2019). *Teknologi Papan Komposit Diperkuat Serat Kulit Jagung*. Yogyakarta: Deepublish.
- Simanullung, A., & Sijabat, A. (2021). Analysis of mechanical testing of particle board composites from corn cobs waste with isocyanate epoxy resin adhesive. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 10(01): 239-242.
- Simanullung, A. F., Sijabat, A., & Hasanah, M. (2021). Karakterisasi sifat fisis papan partikel limbah tongkol jagung dengan resin *epoxy isosianat*. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 5(1): 82-87. <http://dx.doi.org/10.24198/jiif.v5i1.30692>.
- Schwart. (1984). *Composite Material Handbook*. New York: Mc. Graw-Hill Ine.
- Supratiningsih (2012). Pengaruh serbuk serat batang pisang sebagai filler terhadap sifat mekanis komposit PVC-CaCO₃. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 28(2): 79-87.
- Tusi, A. (2016). *Inovasi Pintu Air Irigasi Fiberglass*. Lampung: Universitas Lampung.